

Dimensionado del sistema de climatización de un catamarán

Trabajo Final de Grado



Facultad de Náutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:
Rubén de la Olla Valero

Dirigido por:
Ignacio Echevarrieta Sazatornil

Grado en Tecnologías Marinas

Barcelona, 1/12/2015

Departamento de Ciencias y Tecnologías Náuticas



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona

Agradecimientos

A mi familia y a mi pareja por todos los ánimos recibidos de ellos para que todo fuese posible.



Resumen

En este proyecto se dimensiona y selecciona un sistema de climatización para un catamarán escogido de 30 metros de eslora.

Se explica cada uno de los elementos que forman los sistemas de climatización, descubriendo cuales son los factores que influyen en la climatización de cada dependencia, los diferentes sistemas de climatización que existen en el mercado y cuál es el que se adapta mejor a las necesidades.

Tabla de contenidos

AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VIII
LISTADO DE FIGURAS	X
LISTADO DE TABLAS	XI
OBJETIVOS	11
 CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE SELECCIONADO	 13
1.1 EL BUQUE	13
1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ESPACIOS	16
1.2.1 CAMAROTES	16
1.2.2 ESPACIOS COMUNES	17
 CAPÍTULO 2. LA CLIMATIZACIÓN Y SUS CONDICIONANTES	 19
2.1 LA CLIMATIZACIÓN	19
2.2 CONDICIONANTES DE LA CLIMATIZACIÓN	20
 CAPÍTULO 3. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN	 23
3.1 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	23
3.2 CLASIFICACIÓN POR EL TAMAÑO DE LA INSTALACIÓN	24
3.3 CLASIFICACIÓN POR EL FLUIDO DE LA INSTALACIÓN	25
 CAPÍTULO 4. INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN	 27
4.1 DIFERENCIA ENTRE INSTALACIÓN COMPLETA O PARCIAL	27
4.2 PARTES DE LA INSTALACIÓN	27
4.3 CALEFACCIÓN	28
4.4 REFRIGERACIÓN	29
 CAPÍTULO 5. COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN TÉRMICA	 31
5.1 COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN TÉRMICA EN VENTANAS.	32
5.2 COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN TÉRMICA EN FIBRA DE VIDRIO.	34

5.3 COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN TÉRMICA EN PERSONAS.	36
5.4 COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN TÉRMICA EN INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS.	38
5.5 COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN TÉRMICA TOTALES DE CADA UNO DE LOS HABITÁCULOS	40
<u>CAPÍTULO 6.ELECCION Y COMPARATIVA ENTRE DIFERENTES SISTEMAS</u>	<u>41</u>
6.1 SISTEMA CONVENCIONAL DE BOMBA DE CALOR	41
6.2 SISTEMA DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE (CVR)	42
6.3 COEFICIENTES DE RENDIMIENTO (COP)	43
6.4 CONCLUSIÓN Y ELECCIÓN DEL SISTEMA	45
<u>CAPÍTULO 7. INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN</u>	<u>47</u>
7.1 ELECCIÓN DEL APARTO EXTERIOR DE CLIMATIZACIÓN	47
7.2 UNIDADES INTERIORES DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	52
7.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA ESCOGIDO	55
CONCLUSIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

Listado de Figuras

Ilustración 1: Buque <i>Queen of Galapagos</i> .	14
Ilustración 2: Planos simples de las diferentes cubiertas.	15
Ilustración 3: Esquema del funcionamiento de un sistema de doble cristal	32
Ilustración 4: Etiquetado de las instalaciones según su COP	44
Ilustración 5: Gráfica de comparación entre sistemas Inverter y sistemas convencionales	44
Ilustración 6: Diferencias entre los intercambiadores de calor convencionales y los de tubo plano	48
Ilustración 7: Unidad exterior escogida	50
Ilustración 8: Esquema básico de funcionamiento del sistema de climatización escogido	50
Ilustración 9: Esquema del ciclo de una bomba de calor de compresión simple	51
Ilustración 10: Ejemplo de una unidad interior de tipo cassette de la marca Mitsubishi Electric	53
Ilustración 11: Unidad interior de pared escogida para uno de los habitáculos	54
Ilustración 12: Unidad interior de tipo conducto escogida para uno de los habitáculos	54

Listado de Tablas

Tabla 1: Características de los camarotes	16
Tabla 2: Características de los espacios comunes	17
Tabla 3: Transmisión de térmica en la superficie acristalada	33
Tabla 4: Transmisión térmica por la superficie con fibra de vidrio	35
Tabla 5: Energía en forma de calor generada por las personas en cada habitáculo	37
Tabla 6: Energía en forma de calor generado en cada habitáculo por las luces	39
Tabla 7: Coeficientes térmicos totales de cada habitáculo	40
Tabla 8: Modelos del fabricante escogido Mitsubishi con el modelo escogido señalado	49
Tabla 9: Unidades interiores escogidas según demanda de cada habitáculo	52

Objetivos

Estudiar el dimensionado del sistema de climatización de un catamarán de 30 metros de eslora, explicando los conceptos básicos de la climatización así como todos los factores que influyen en ella, para ello se calcula la carga térmica de cada habitáculo.

Clasificar los principales sistemas de climatización y dimensionar el circuito de climatización teniendo en cuenta los coeficientes de transmisión de energía en los casos más extremos.

Escoger el modelo que mejor se adapte a las necesidades del buque según su zona de navegación, teniendo en cuenta también la totalidad del rendimiento del equipo y los nuevos avances en el ámbito de la climatización, dentro de las limitaciones del caso, para tener un mayor ahorro energético y con ello una mayor protección para el medio ambiente.

Capítulo 1. Características del buque seleccionado

1.1 El buque

El buque elegido para llevar a cabo el proyecto es el *Queen of Galapagos*, un catamarán construido con fibra de vidrio con las siguientes características principales:

Eslora: 30 metros.

Manga: 10 metros.

Calado: 2 metros.

Tonelaje bruto: 307 toneladas.

Motor: Caterpillar 3406 / 400 HP.

Velocidad: 13 nudos.

Año de construcción: 2007

Capacidad: 16 personas (contando tripulación)

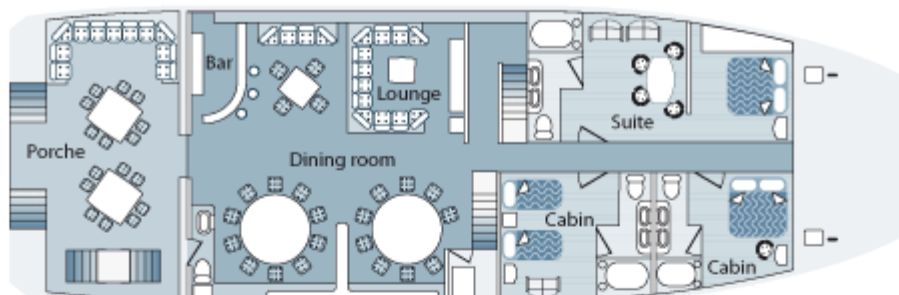
El buque consta de 12 camarotes (los de la tripulación incluidos) comprendidos con unas medidas de entre 14.5 y 24.5 metros cuadrados, además de las zonas comunes como el comedor, *longue*, etc.



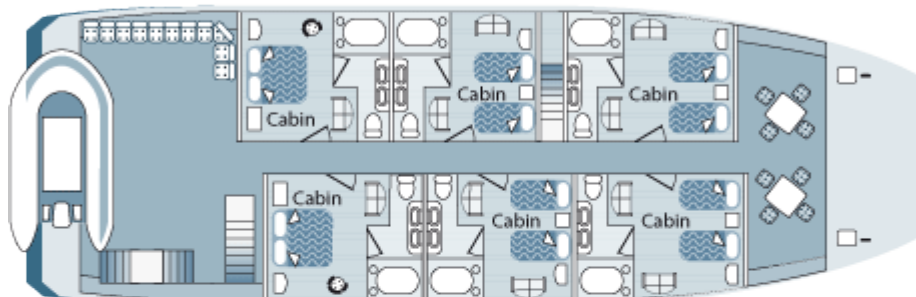
Ilustración 1: Buque *Queen of Galapagos*.

Fuente: www.queenofgalapagos.com

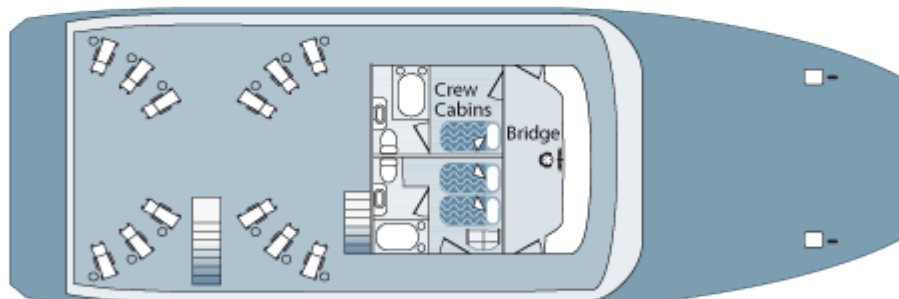
Main Deck



Upper Deck



Master Deck



Lower Deck

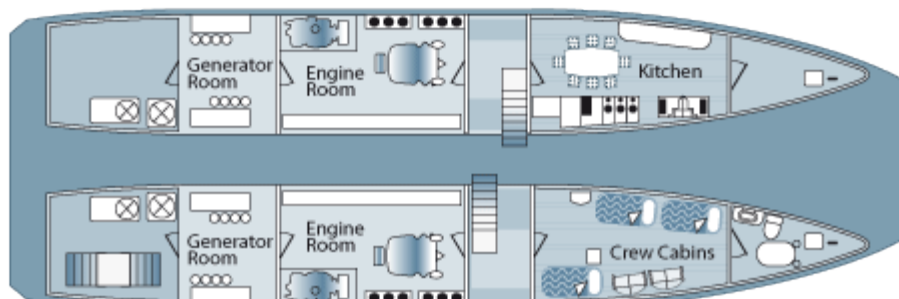


Ilustración 2: Planos simples de las diferentes cubiertas.

Fuente: www.queenofgalapagos.com

1.2 Descripción de los espacios

Hay que tener en cuenta las dimensiones de los espacios, ya que a mayores dimensiones más costará enfriar o calentar estos espacios. Por tanto lo primero que necesitamos es saber las medidas de estos espacios así como la cantidad de gente que habitualmente habrá en ellos. También debemos de tener en cuenta de que en este buque todos los camarotes excepto los que se encuentra en *Lower Deck* tienen ventanas panorámicas hacia el exterior.

1.2.1 Camarotes

Según planos nos aparecen un total de 12 camarotes de los cuales 10 son dobles, 1 es triple y el sobrante es individual.

Las medidas de los camarotes son las siguientes:

Camarote	Cubierta	Tamaño (m ²)	Número de personas máximas
<i>Suite</i>	<i>Main Deck</i>	24,5	2
<i>Cabin</i>	<i>Main Deck</i>	14.5	2
<i>Cabin</i>	<i>Main Deck</i>	14.5	2
<i>Cabin</i>	<i>Upper Deck</i>	14.5	2
<i>Cabin</i>	<i>Upper Deck</i>	14.5	2
<i>Cabin</i>	<i>Upper Deck</i>	14.5	2
<i>Cabin</i>	<i>Upper Deck</i>	14.5	2
<i>Cabin</i>	<i>Upper Deck</i>	14.5	2
<i>Cabin</i>	<i>Upper Deck</i>	14.5	2
<i>Crew Cabin</i>	<i>Master Deck</i>	9	1
<i>Crew Cabin</i>	<i>Master Deck</i>	9	2
<i>Crew Cabin</i>	<i>Lower Deck</i>	11	3

Tabla 1: Características de los camarotes

Fuente: www.queenofgalapagos.com

1.2.2 Espacios comunes

Con espacios comunes nos referimos a aquellos espacios que no sean camarotes utilizados como habitación. Entre estos podemos encontrar los siguientes:

Espacio	Cubierta	Tamaño (m ²)	Número de personas máximas
Comedor	<i>Main Deck</i>	55	16
Cocina	<i>Main Deck</i>	18	4
Puente	<i>Main Deck</i>	10	5

Tabla 2: Características de los espacios comunes

Fuente: www.queenofgalapagos.com

Capítulo 2. La climatización y sus condicionantes

Para poder hablar sobre el sistema de climatización que debe de tener este buque es importante hablar primero sobre que es la climatización y los condicionantes de los que depende.

2.1 La climatización

La climatización como concepto básico consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza de aire adecuadas para la comodidad térmica de los presentes en los espacios habitados.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) nos define climatización como: *“dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas”*.

Podemos ver como ya no se habla de aire acondicionado ya que este término puede llevarnos a confusión ya que la gente suele entender como aire acondicionado la refrigeración, solo verano. Además la climatización nos permite elegir la temperatura que deseamos.

Entonces la climatización tiene tres conceptos básicos que son la ventilación, la calefacción y la refrigeración.

2.2 Condicionantes de la climatización

Una vez definida la climatización y diferenciada del aire acondicionado debemos de tener en cuenta los condicionantes de la climatización, por tanto la comodidad térmica se verá afectada por:

- **Las personas o factor humano**, dependerá de la actividad y la manera de vestir de cada persona.
- **El aire** que dependerá de la humedad relativa, la velocidad a la cual se mueva y por supuesto la temperatura.
- **El espacio**: Hay que tener en cuenta que dependiendo de cada persona, actividad, manera de vestir, etc. La respuesta de cada persona será muy variable ya que depende de su gusto.
- **La temperatura exterior**: El calor pasa del ambiente más cálido al ambiente más frío y viceversa, teniendo en cuenta que, cuanto mayor sea la diferencia entre los dos ambientes más rápido se producirá este cambio.
- **La radiación solar**: El empleo de cristal ayuda en climas fríos o en invierno a mantener una mayor temperatura ya que se crea el llamado efecto invernadero, tenemos un incremento térmico considerable, esto nos hará disminuir las necesidades de calefacción en invierno, pero en verano nos será desfavorable ya que no queremos un incremento térmico tan grande como el que nos produce el efecto invernadero.
- **La ventilación**, existe la necesidad de introducir aire exterior para llevar a cabo la ventilación, esto puede modificar la temperatura interior esto nos producirá un problema cuando la temperatura exterior esté a temperaturas alejadas a las deseadas en el interior.
- **La ocupación** del espacio, según si en el espacio se halla más o menos gente, teniendo en cuenta que cada persona genera entre 80 y 150W de carga térmica según la actividad que se esté llevando a cabo.

- **La ofimática**, En estos tiempos la carga generada por aparatos electrónicos como ordenadores, impresoras,... Puede suponer una carga térmica elevada.
- **La iluminación**, es un factor de calentamiento muy importante se estima que puede estar entre 15 y 25 W/m².

Muchos de estos casos son favorables en invierno ya que producen calor en el interior.

Capítulo 3. Sistemas de climatización

3.1 Funcionamiento de un sistema de climatización

Los métodos de refrigeración que se utilizan generalmente son de compresión mecánica que consiste en la realización de un proceso de transferencia de calor del interior al exterior, mediante la evaporación de sustancias refrigerantes, actualmente algunos refrigerantes están siendo reemplazados por refrigerantes alternativos que no afectan el medio ambiente ni a la capa de ozono, ya que por mucho tiempo se dio uso a mezclas especiales de gases para los sistemas de refrigeración que anunciaban la protección de la capa de ozono pero afectaban fuertemente el calentamiento global, un ejemplo es el refrigerante R134a, hoy día se busca utilizar derivados de los hidrocarburos al ser fluidos con cero Potencial de Calentamiento Global (PCG) y afectación a la capa de ozono.

El proceso básicamente se realiza en cuatro pasos, en el primero el refrigerante que se encuentra en estado líquido a baja presión y temperatura se evapora en un serpentín que se denomina evaporador así se consigue el primer intercambio térmico entre el aire del interior del local más caliente y el refrigerante.

Una vez en estado de vapor es succionado y comprimido por el compresor aquí se aumenta su presión y su temperatura después pasa por otro serpentín, llamado condensador, donde se condensa mediante una segunda cesión de calor, esta vez con el aire exterior que se encuentra a menos temperatura.

Ahora teniendo este refrigerante en estado líquido a alta presión y temperatura vuelve al evaporador previo paso por una válvula de expansión, la cual por su propiedad de capilaridad hace que haya una significativa reducción de presión, causando una cierta vaporización del líquido que reduce su temperatura y el ciclo vuelve a comenzar.

3.2 Clasificación por el tamaño de la instalación

La climatización puede crearse en un solo local, denominada unitaria, con un aparato que produce su energía térmica o centralizada en la que un aparato produce la energía térmica ya sea calor o frío y se lleva a los diferentes camarotes, locas, habitaciones, etc, por medio de una serie de conductos y se acaba emitiendo mediante los emisores.

- **Climatización unitaria:** Es un sistema de climatización muy frecuente, en calefacción se emplea con chimeneas, diferentes tipos de estufas. Para la parte de refrigeración se utiliza el climatizador.

Son sistemas con grandes deficiencias, por ejemplo en la calefacción cuando hay combustión (estufas de carbón/gas) se necesita una entrada de aire para la combustión, este aire que proviene del exterior nos enfriará el ambiente que tenemos que calentar. En la parte de refrigeración los aparatos que se suelen usar no tienen un buen control de la humedad, pueden producir ambientes húmedos.

- **Climatización centralizada:** Dentro de este sistema tenemos que distinguir a su vez dos grandes posibilidades, para un usuario y para un uso mayor como un edificio completo. Los sistemas de calor individuales, que son más sencillos y son los que normalmente podemos encontrar en nuestra casa, constan de una caldera y de una red de tuberías que lleva el calor a los terminales, que generalmente son radiadores. Los sistemas de calefacción por agua caliente pueden servir desde una instalación pequeña, de una vivienda, hasta instalaciones urbanas que pueden llegar a ser barriadas.

En refrigeración existen aparatos que tienen una parte, que comprende el compresor y el condensador, que se sitúa en el exterior y uno o varios evaporadores que se colocan en los locales a climatizar. Suelen tener mejores rendimientos que los aparatos unitarios pero estos no tienen control de humedad ambiente.

3.3 Clasificación por el fluido de la instalación

La energía térmica generada puede llevarse a los terminales por medio de fluidos llamados fluidos caloportadores que pueden ser agua, aire o fluido refrigerante.

- **Sistemas con refrigerante:** Estos sistemas utilizan fluido refrigerante que se lleva, por las tuberías, a los evaporadores que se encuentran en los locales a climatizar.
- **Sistemas con aire:** Mediante este sistema no llega más que aire tratado en un climatizador que por medio de conductos e impulsado por rejillas o difusores llega a su destino.

Vale la pena detenerse para explicar el concepto de climatizador nombrado en el sistema anterior.

Un climatizador también llamado unidad de tratamiento del aire (UTA), es el aparato fundamental en el tratamiento del aire en las instalaciones de climatización, en cuanto a caudales de ventilación, temperatura y humedad (humectando en invierno y deshumectando en verano). Estos sistemas no producen calor ni frío por sí mismos, les llega por tuberías de agua o fluido refrigerante.

Se compone fundamentalmente de una entrada de aire, un filtro, un ventilador, uno o varios intercambiadores de frío/calor, un humidificador (para invierno) y un separador de gotas.

- **Sistemas con agua:** A los camarotes no llega más que agua, ya sea caliente o fría, en el caso de que sea agua caliente, se utilizarían como emisores los clásicos radiadores y cuando se trate de frío o cuando haya las dos posibilidades se utilizarán ventiloconvectores. Cabe decir que en este sistema la climatización no será completa ya que la ventilación se debe de hacer mediante otros

medios. Entendiendo por climatización completa aquella que trata el aire ambiente en todos sus parámetros (limpieza, temperatura, humedad y velocidad en algunos casos).

Vale la pena explicar que es un ventiloconvector y su funcionamiento fundamental.

Un ventiloconvector o en inglés, *fan coil unit*, es un elemento relativamente sencillo que tiene una batería de intercambiadores de frío o calor y un ventilador. Normalmente se utilizan en la climatización de un local o varios conectados a una red de tuberías.

Estos dispositivos son más económicos que un sistema con aire con unidad de tratamiento del aire, con el inconveniente de que regulan peor la humedad ambiente y pueden causar ruidos dado que el ventilador se encuentra en el mismo lugar a enfriar. Por sus características se utiliza en edificios residenciales, comerciales o industriales.

- **Sistemas agua-aire:** A los lugares a enfriar llega el aire necesario para la ventilación, tratado en un climatizador, a este le llamaremos aire primario, pero durante la mayoría del tiempo tiene caudales que no llegan a transportar toda la energía térmica necesaria, de modo que se suple esa falta con ventiloconvectores que se sitúan en los espacios a enfriar.

Es el sistema más caro de instalar, pero tiene muchas ventajas ya que el aire no se recircula, regula mejor los parámetros de cada local atendándose así a las necesidades específicas.

Capítulo 4. Instalaciones de climatización

4.1 Diferencia entre instalación completa o parcial

Aunque esta diferencia ya ha sido mencionada anteriormente, voy a dejar clara la diferencia entre estos dos métodos de climatización.

La climatización completa trata el aire de los ambientes en todos sus parámetros: limpieza, temperatura, humedad y la presión.

La climatización parcial es cuando no se trata todos los parámetros, como por ejemplo la calefacción por agua caliente (serían los radiadores de casa), solo es climatización de invierno y no trata el aire de ventilación.

4.2 Partes de la instalación

Estas serían las partes de la instalación de climatización de un sistema completo, un sistema parcial puede obviar alguna de estas partes.

- Generador de energía térmica.
- Transporte desde donde se crea la energía térmica hasta donde será utilizada (transporte primario).

- Uso de la energía térmica:
 - Climatizador: Unidad de tratamiento del aire que recibe la energía de una red de agua y por otro lado el aire del exterior lo mezcla y lo trata y es impulsado hacia los locales a climatizar.
 - Directamente se lleva a los aparatos terminales: Esto pasa cuando se trata de sistemas que no integran la ventilación. Para la refrigeración se utilizan los ventiloconvectores (fan coils) y para la calefacción radiadores o ventiloconvectores.
- Transporte por conductos adecuados para llevar el aire tratado hasta los locales a climatizar (transporte secundario).

4.3 Calefacción

Para la calefacción lo más conveniente es utilizar un sistema de caldera de combustible que produce calor de un modo más económico.

También se puede utilizar una máquina como la utilizada en la refrigeración por compresión, pero en este caso funciona al revés, coge el aire exterior de frío y lo mete al interior, más caliente, esta máquina es conocida como bomba de calor. El inconveniente de este sistema es que necesita energía eléctrica y los precios de esta suelen ser elevados.

También existen unos generadores denominados reversibles, estos permiten hacer el ciclo antes indicado también para la refrigeración con el mismo aparato.

4.4 Refrigeración

Los métodos para producir el enfriamiento son generalmente la compresión y la absorción. Estos dos métodos se basan en transportar calor desde un punto donde la temperatura es más baja (menos nivel energético) a otro que tiene la temperatura más alta por medio, generalmente, de refrigerante.

Si son máquinas grandes, conocidas como enfriadores de agua o plantas refrigeradoras enfrían agua que después se distribuye a los climatizadores por tuberías.

Por otro lado si las máquinas son más pequeñas se suele utilizar el sistema partido (Split en inglés), donde quien lleva el calor es el refrigerante que pasa por los evaporadores de los terminales.

Capítulo 5. Coeficientes de transmisión térmica

Ahora teniendo en cuenta toda la información sobre la climatización, componentes de un circuito y sus condicionantes podemos empezar a calcular los coeficientes de transmisión térmica.

La definición de este concepto es la siguiente: Es el coeficiente que expresa la cantidad o flujo de calor que pasa, por unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie de una muestra del material, de extensión infinita, caras planoparalelas y espesor unidad, cuando entre sus caras se establece una diferencia de temperaturas igual a la unidad, en condiciones estacionarias.

Este coeficiente varía con las condiciones del material (humedad, temperatura, etc.) por lo tanto se toman valores medidos a 15°C y en un ambiente seco. Entonces debemos contabilizar el coeficiente de transmisión térmica “U” con estas unidades W/m^2K ; que es el flujo de calor (W) entre la superficie (m^2) y la diferencia de temperatura (K). De este cálculo se obtiene un resultado y cuanto menor sea su valor, mayor será su eficiencia.

Se deben tener en cuenta todas las zonas acristaladas, los muros que en este caso es la fibra de vidrio, las personas y los aparatos electrónicos.

5.1 Coeficientes de transmisión térmica en ventanas.

Lo primero que debemos de tener en cuenta es que el buque elegido cuenta con una superficie muy grande acristalada, esto nos influirá mucho ya que se creará mucho calor en el interior generado por la radiación. Estos cristales son dobles y oscurecidos ya que así ofrecen una mayor resistencia a la entrada de radiación solar y además al ser un doble cristal evita la entrada de aire exterior.

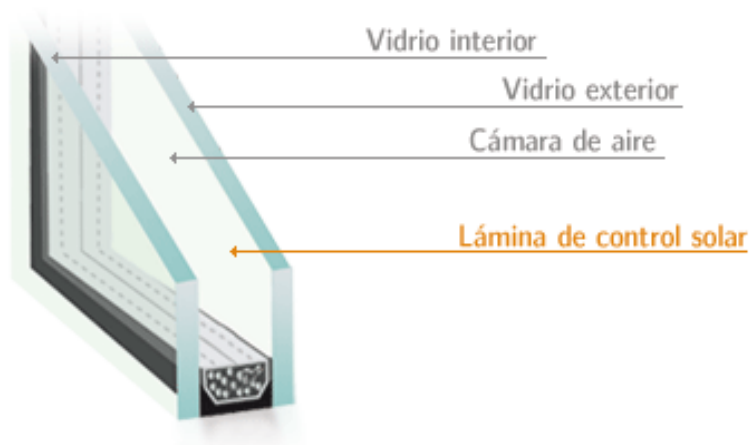


Ilustración 3: Esquema del funcionamiento de un sistema de doble cristal

En una ventana de buena calidad el valor del coeficiente de transmisión térmica es de $2 \text{ W/m}^2\text{K}$, en ventanas con cristal doble tintado se obtienen unos valores cercanos a $1 \text{ W/m}^2\text{K}$.¹

Teniendo en cuenta que el buque tiene un total de 60 ventanas hay que tener en cuenta que el buque hace rutas por zonas cercanas al ecuador donde las temperaturas máximas durante el año son de 35°C (308.15K) y las mínimas de 20°C (293.15K). Los valores de las superficies acristaladas en los diferentes habitáculos son los siguientes:

¹ Estos valores son obtenidos mediante catálogos de varias empresas especializadas en cristales. Según norma ISO 100771-1 no se pueden superar valores de $5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Camarote	Tamaño (m ²)	M ² de superficie acristalada	Transmisión térmica en W con temperaturas máximas	Transmisión térmica en W con temperaturas mínimas
<i>Suite</i>	24,5	15	4622.25	4397.25
<i>Cabin</i>	14.5	9	2773.35	2638.35
<i>Cabin</i>	14.5	9	2773.35	2638.35
<i>Cabin</i>	14.5	9	2773.35	2638.35
<i>Cabin</i>	14.5	9	2773.35	2638.35
<i>Cabin</i>	14.5	9	2773.35	2638.35
<i>Cabin</i>	14.5	9	2773.35	2638.35
<i>Cabin</i>	14.5	9	2773.35	2638.35
<i>Cabin</i>	14.5	9	2773.35	2638.35
<i>Crew Cabin</i>	9	5.5	1694.82	1612.32
<i>Crew Cabin</i>	9	5.5	1694.82	1612.32
<i>Crew Cabin</i>	11	0	0	0
<i>Comedor</i>	55	34	10477.10	9967.10
<i>Cocina</i>	18	0	0	0
<i>Puente</i>	10	8	2465.20	2345.20

Tabla 3: Transmisión de térmica en la superficie acristalada

Fuente: Elaboración propia

5.2 Coeficientes de transmisión térmica en fibra de vidrio.

La fibra de vidrio también es un material a tener en cuenta ya que el buque está construido de este material, el valor de la transmisión térmica de este material es de $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$.²

Hay que tener en cuenta las temperaturas máximas y mínimas de la zona. Los valores de transmisión de la fibra de vidrio en cada habitáculo son los siguientes:

² ²Valores obtenidos de Ricardo Santiago Netto. «Tabla de Conductividad Térmica». *fisicanet*. Consultado el 7 de octubre de 2015.

Camarote	Tamaño (m ²)	M ² de superficie de fibra de vidrio	Transmisión térmica en W con temperaturas máximas	Transmisión térmica en W con temperaturas mínimas
<i>Suite</i>	24,5	9.5	146.37	139.25
<i>Cabin</i>	14.5	3.5	53.92	51.30
<i>Cabin</i>	14.5	3.5	53.92	51.30
<i>Cabin</i>	14.5	3.5	53.92	51.30
<i>Cabin</i>	14.5	3.5	53.92	51.30
<i>Cabin</i>	14.5	3.5	53.92	51.30
<i>Cabin</i>	14.5	3.5	53.92	51.30
<i>Cabin</i>	14.5	3.5	53.92	51.30
<i>Cabin</i>	14.5	3.5	53.92	51.30
<i>Crew Cabin</i>	9	3.5	53.92	51.30
<i>Crew Cabin</i>	9	3.5	53.92	51.30
<i>Crew Cabin</i>	11	11	169.48	161.23
<i>Comedor</i>	55	21	323.55	307.81
<i>Cocina</i>	18	18	277.33	263.83
<i>Puente</i>	10	2	30.81	29.31

Tabla 4: Transmisión térmica por la superficie con fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia

5.3 Coeficientes de transmisión térmica en personas.

Se han de tener en cuenta las personas ya que producimos una cantidad de calor, según la norma UNE-EN ISO 7730 podemos obtener las siguientes tasas metabólicas (energía emitida por una persona en forma de calor):

- Una persona sentada emite 104W.
- Una persona que lleve a cabo una actividad media (limpiar, dependientes de comercios,...) emite 209W.

Entonces debemos de tener en cuenta los casos más extremos en cada habitáculo es decir cuando el habitáculo esté con el aforo máximo de personas y lleven una actividad media y cuando no haya nadie.

Camarote	Tamaño (m ²)	Número de personas máximas	Calor en el caso de aforo máximo y actividad media (W)	Calor en el caso de aforo mínimo y sin actividad (W)
<i>Suite</i>	24,5	2	418	0
<i>Cabin</i>	14.5	2	418	0
<i>Cabin</i>	14.5	2	418	0
<i>Cabin</i>	14.5	2	418	0
<i>Cabin</i>	14.5	2	418	0
<i>Cabin</i>	14.5	2	418	0
<i>Cabin</i>	14.5	2	418	0
<i>Cabin</i>	14.5	2	418	0
<i>Cabin</i>	14.5	2	418	0
<i>Crew Cabin</i>	9	1	209	0
<i>Crew Cabin</i>	9	2	418	0
<i>Crew Cabin</i>	11	3	627	0
<i>Comedor</i>	55	16	3344	0
<i>Cocina</i>	18	4	836	0
<i>Puente</i>	10	5	1045	0

Tabla 5: Energía en forma de calor generada por las personas en cada habitáculo

Fuente: Elaboración propia

5.4 Coeficientes de transmisión térmica en instalaciones y equipos eléctricos.

También debemos de pensar en los aparatos electrónicos y luces que puedan haber en cada habitáculo ya que todos estos transmiten calor.

Pongamos que en el barco tenemos bombillas incandescentes de 60W que ofrecen 550 lumen y lámparas fluorescentes de 14W que ofrecen 700 lumen.

En este apartado debemos de tener en cuenta la cantidad de iluminancia media que necesitamos (luxes) en cada habitáculo. Una cantidad de iluminación de 1 lux equivale a 1 lumen por metro cuadrado. Es decir, si una sala está iluminada por una bombilla de 1.000 lumen, y la superficie de la sala es de 10 metros cuadrados, el nivel de iluminación será de 100 lx. Con esta ecuación podemos aproximar la cantidad de bombillas o fluorescentes necesarios para iluminar los diferentes habitáculos.

Para un salón se recomiendan iluminaciones de 300 lx, para los dormitorios de 150 lx y cocina 200 lx.

Camarote	Tamaño (m ²)	Bombillas incandescentes	Fluorescentes	Luxes	Vatios
<i>Suite</i>	24,5	7	0	157.14	420
<i>Cabin</i>	14.5	4	0	151.72	240
<i>Cabin</i>	14.5	4	0	151.72	240
<i>Cabin</i>	14.5	4	0	151.72	240
<i>Cabin</i>	14.5	4	0	151.72	240
<i>Cabin</i>	14.5	4	0	151.72	240
<i>Cabin</i>	14.5	4	0	151.72	240
<i>Cabin</i>	14.5	4	0	151.72	240
<i>Cabin</i>	14.5	4	0	151.72	240
<i>Cabin</i>	14.5	4	0	151.72	240
<i>Crew Cabin</i>	9	0	2	155.55	28
<i>Crew Cabin</i>	9	0	2	155.55	28
<i>Crew Cabin</i>	11	0	3	190.90	42
<i>Comedor</i>	55	25	4	300.90	1556
<i>Cocina</i>	18	0	6	233.33	84
<i>Puente</i>	10	0	5	350	70

Tabla 6: Energía en forma de calor generado en cada habitáculo por las luces

Fuente: Elaboración propia

5.5 Coeficientes de transmisión térmica totales de cada uno de los habitáculos

En la siguiente tabla se mostrarán la suma de todos los valores anteriores para cada habitáculo:

Camarote	Tamaño (m ²)	Transmisión térmica total en W con condiciones de más aportación de calor	Transmisión térmica total en W con condiciones de menos aportación de calor
<i>Suite</i>	24,5	5606.62	4536.50
<i>Cabin</i>	14.5	3485.27	2689.65
<i>Cabin</i>	14.5	3485.27	2689.65
<i>Cabin</i>	14.5	3485.27	2689.65
<i>Cabin</i>	14.5	3485.27	2689.65
<i>Cabin</i>	14.5	3485.27	2689.65
<i>Cabin</i>	14.5	3485.27	2689.65
<i>Cabin</i>	14.5	3485.27	2689.65
<i>Cabin</i>	14.5	3485.27	2689.65
<i>Crew Cabin</i>	9	1985.40	1663.62
<i>Crew Cabin</i>	9	2194.40	1663.62
<i>Crew Cabin</i>	11	838.48	161.23
<i>Comedor</i>	55	15700.65	10274.91
<i>Cocina</i>	18	1147.33	263.83
<i>Puente</i>	10	3611.01	2374.51

Tabla 7: Coeficientes térmicos totales de cada habitáculo

Fuente: Elaboración propia

Es decir que el coeficiente térmico máximo en la zona donde este buque suele navegar es de un total de **58966.05W** y el mínimo de **42455.42W**.

Capítulo 6. Elección y comparativa entre diferentes sistemas

En este capítulo se mostrarán los diferentes sistemas que se ofrecen en el mercado y se hará una comparativa para poder escoger el mejor sistema según las necesidades de este caso. Se comparan diferentes sistemas de expansión directa, estos sistemas son los que hacen los intercambios de energía directamente del refrigerante al medio exterior y a los habitáculos a climatizar sin utilizar fluidos secundarios, evitando así un salto térmico que haría que el rendimiento fuese más bajo.

6.1 Sistema convencional de bomba de calor

Son sistemas donde se puede proporcionar aire frío a una dependencia de un edificio, donde se sitúa la unidad evaporadora. La bomba de calor, puede revertir el ciclo refrigerante, con lo que en invierno se aporta calor (el equipo interior actuaría de unidad condensadora y el exterior de unidad evaporadora) y en verano aportaría frío (el equipo interior actuaría de unidad evaporadora y el exterior de unidad condensadora). La unidad o unidades exteriores son las que incorporan el compresor.

Estas unidades convencionales pueden ser de tipo inverter. El sistema inverter, actúa sobre el compresor variando su velocidad, adecuándose a las necesidades térmicas demandadas, por lo que, mediante un variador de frecuencia, evitamos los continuos arranques y paradas.

Por lo tanto, “jugando” con el concepto de unidad evaporadora y condensadora, se pueden configurar diferentes sistemas de bombas de calor:

- Equipo compacto: los antiguos modelos que se instalaban en las ventanas
- Equipo Split (partido): una unidad exterior y una unidad interior.
- Equipos Multisplit: una o varias unidades exteriores y varias unidades interiores

6.2 Sistema de caudal variable de refrigerante (CVR)

El sistema de climatización de caudal variable de refrigerante se basa en sistemas de expansión directa, como el visto anteriormente. El sistema está formado por una unidad exterior que distribuye el refrigerante por una red de tuberías a las unidades interiores de forma variable, adaptándose en todo momento a la potencia necesaria para climatizar cada uno de los habitáculos. Para conseguirlo el parámetro que se modifica con este sistema es el caudal o flujo del refrigerante, que se regula mediante diversas tecnologías de los compresores y mediante las válvulas de expansión electrónicas, así es como conseguimos que el consumo no sea el total del sistema, si no que será función de la potencia que se entrega.

Con este sistema se disminuye el número de componentes consiguiendo más simplicidad en la instalación y ocupar menos espacio, ya que con estos sistemas podemos conectar varias unidades interiores a una sola unidad exterior.

Dentro de las diversas posibilidades encontradas en el mercado una posible opción es por utilizar un sistema de expansión directa de caudal variable de refrigerante (CVR) de recuperación de calor que nos proporciona refrigeración y calefacción simultáneamente adecuándose a las necesidades de cada habitáculo, unas unidades interiores pueden estar aportando frío y otras calor al mismo tiempo, esto es debido a que cuando por ejemplo tenemos varios equipos en modo refrigeración, parte del calor de condensación que se disiparía a la calle en una unidad exterior “normal” con este se utiliza para las unidades interiores que están en modo calefacción, ahorrando así una cantidad de energía y consiguiendo un alto rendimiento térmico.

Entonces se puede observar todos los sistemas Inverter son sistemas CVR, aunque el primer término se usa en ámbitos domésticos.

6.3 Coeficientes de rendimiento (COP)

Para la elección de un sistema u otro debemos de tener en cuenta también los valores de C.O.P. “Coefficient Of Performance” (Coeficiente de eficiencia). Este coeficiente se calcula dividiendo la potencia de salida por el consumo del sistema, es decir que cuanto mayor sea el COP, más eficiente se considera el sistema.

En la actualidad los sistemas de climatización con bombas de calor y con recuperación de calor pueden llegar a valores de COP que oscilan entre 3 y 4. Esto nos indica que la potencia frigorífica es 4 veces mayor que la potencia consumida por el compresor.

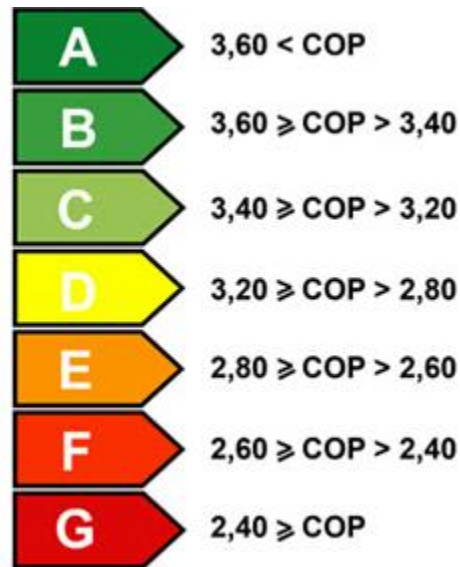


Ilustración 4: Etiquetado de las instalaciones según su COP

Fuente: ovacen.com/bomba-de-calor-inverter

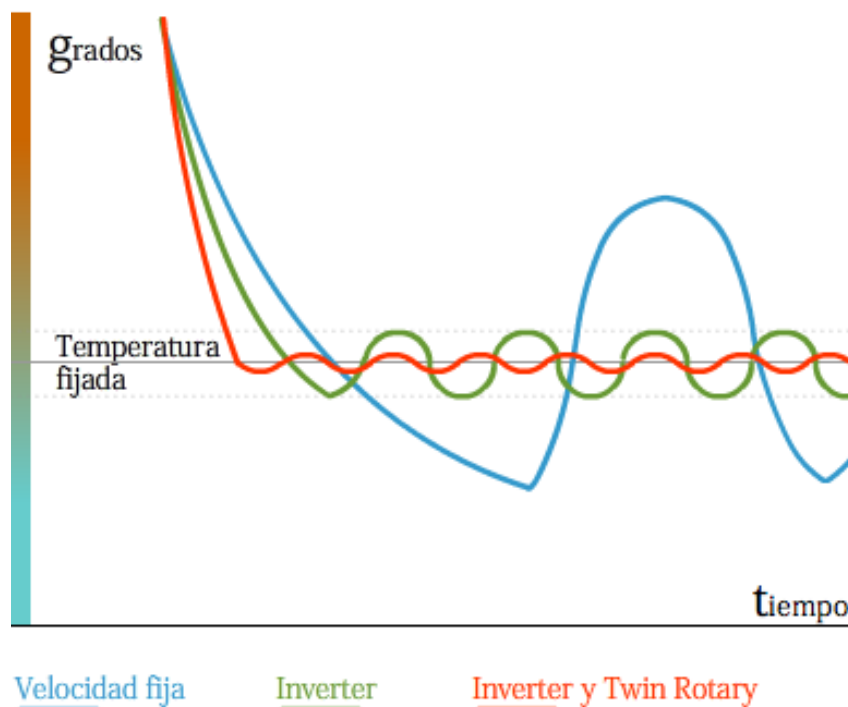


Ilustración 5: Gráfica de comparación entre sistemas Inverter y sistemas convencionales

Fuente: ovacen.com/bomba-de-calor-inverter

6.4 Conclusión y elección del sistema

Actualmente se dispone de unos sistemas de climatización Inverter y CVR, muy avanzados, en los que la electrónica ha hecho de estos equipos unos sistemas muy interesantes, incluso más aun con la posibilidad de la recuperación de calor, lo que los hace muy competitivos desde el punto de vista del ahorro energético. Por ello, son sistemas a tener muy en cuenta y será el sistema que utilizado para este buque.

Capítulo 7. Instalación de climatización

7.1 Elección del aparato exterior de climatización

Los elementos principales del sistema elegido son 3: el convertidor, el inverter y el compresor:

- **Convertidor:** Componente del inverter cuya función es transformar la corriente alterna en corriente continua.
- **Inverter:** Elemento fundamental del sistema es un dispositivo electrónico de control situado en la unidad exterior que permite modificar la frecuencia de la corriente y por lo tanto la velocidad del compresor.
- **Compresor:** Debe ser de velocidad variable.

El sistema de climatización escogido es de la marca Mitsubishi Electric modelo PURY-EP600YSLM-A, se opta por esta marca ya que tienen un sistema de 2 tuberías para ofrecer el servicio de tener calor en unas unidades interiores y en otras tener una demanda de frío (recuperación de calor), así se minimizan las posibilidades de fugas y se reducen considerablemente los costes. Esto se consigue gracias a un controlador donde se aloja un separador de líquido y gas que permite que la unidad exterior produzca una mezcla de gas caliente para la calefacción y líquido para la refrigeración, todo ello por el mismo tubo, hasta que en el controlador se separa y se lleva a las unidades interiores, en función de los

requisitos de cada una. De la unidad exterior parte la red de tuberías que transporta el refrigerante hasta las unidades interiores pasando antes por el controlador. Estas líneas son de tubos planos de aluminio en vez de unos convencionales de cobre ya que así se puede introducir un tubo más en el mismo espacio y la superficie de intercambio de calor aumenta un 33%.

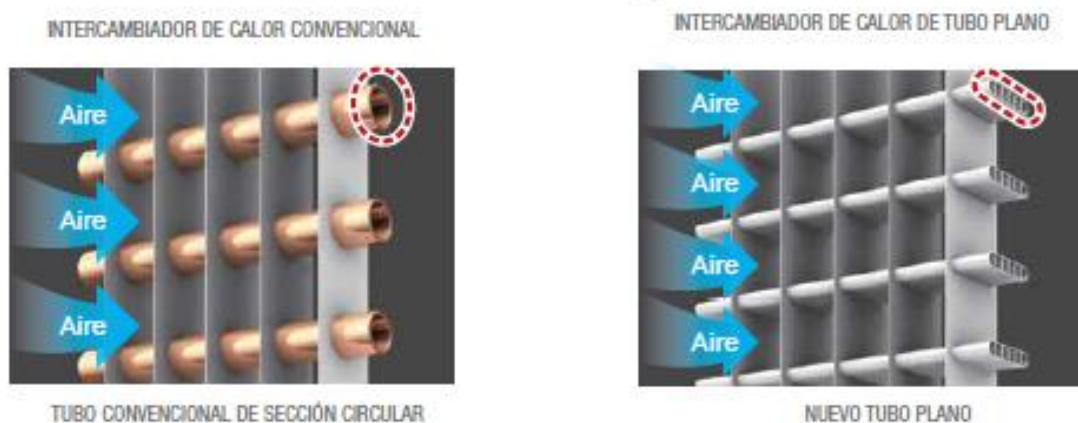


Ilustración 6: Diferencias entre los intercambiadores de calor convencionales y los de tubo plano

Fuente: Catalogo de modelos gama City Multi con recuperación (R2) de calor Mitsubishi Electric

Para la elección del modelo se estima un factor de seguridad del 8%.

Modelo	Capacidad Refr. (kW)	Capacidad Calif. (kW)	EER	COP	Nivel Sonoro (dB)
PURY-EP200YLM-A	22,4	28	4,08	3,9	59
PURY-EP250YLM-A	28	31,5	3,86	3,72	60
PURY-EP300YLM-A	33,5	37,5	3,64	3,76	62,5
PURY-EP350YLM-A	40	45	3,18	3,48	62,5
PURY-EP400YLM-A	45	50	3,85	3,73	62,5
PURY-EP450YLM-A	50	56	3,37	3,53	62,5
PURY-EP500YLM-A	56	63	3,06	3,22	63,5
PURY-EP550YSLM-A	63	69	3,63	3,74	64,5
PURY-EP600YSLM-A	69	76,5	3,53	3,76	65,5
PURY-EP650YSLM-A	73	81,5	3,30	3,62	65,5
PURY-EP700YSLM-A	80	88	3,08	3,48	65,5
PURY-EP750YSLM-A	85	95	3,27	3,60	65,5
PURY-EP800YSLM-A	90	100	3,47	3,73	65,5
PURY-EP850YSLM-A	96	108	3,37	3,63	65,5
PURY-EP900YSLM-A	101	113	3,26	3,53	65,5

Tabla 8: Modelos del fabricante escogido Mitsubishi con el modelo escogido señalado

Fuente: Catalogo de modelos gama City Multi con recuperación (R2) de calor Mitsubishi Electric

Como se puede observar los valores de capacidad refrigerante cubren las necesidades calculadas en el capítulo anterior que eran de 58,966 KW, las necesidades de calefacción se ven claramente superadas ya que el buque navega por zonas cálidas, aun y así con esta elección se pueden trabajar con temperaturas exteriores en modo calefacción de hasta -25°C, así que todas las necesidades quedan cubiertas para el buque



Ilustración 7: Unidad exterior escogida

Fuente: Catalogo de modelos gama City Multi con recuperación (R2) de calor Mitsubishi Electric

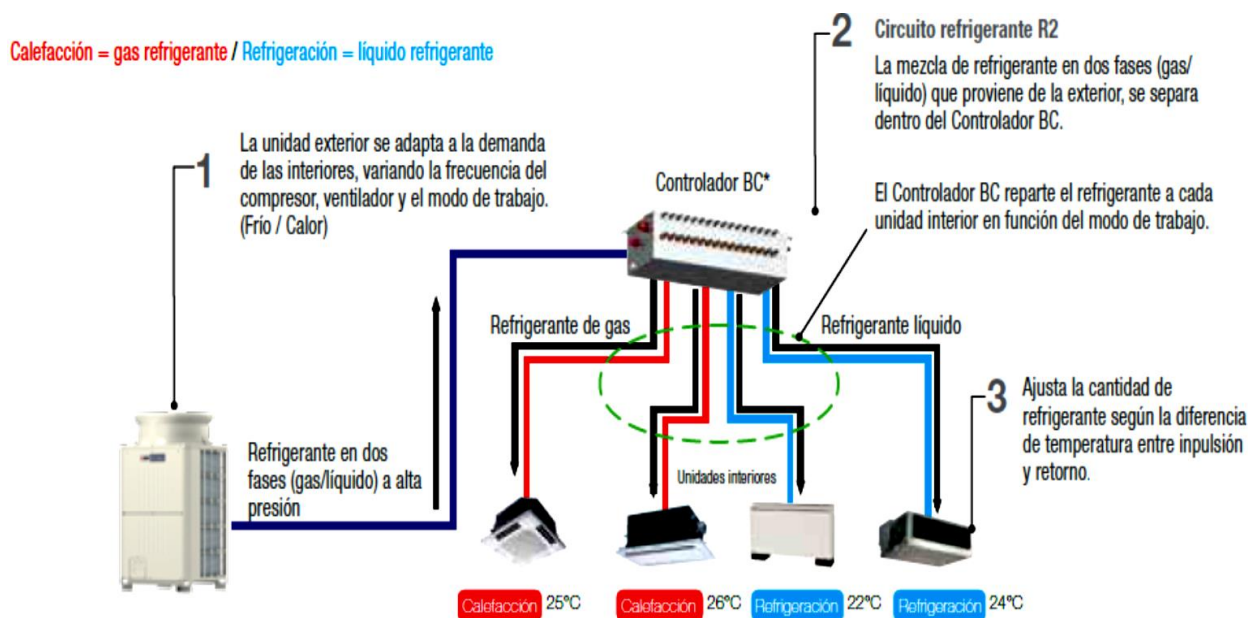


Ilustración 8: Esquema básico de funcionamiento del sistema de climatización escogido

Fuente: Catalogo de modelos gama City Multi con recuperación (R2) de calor Mitsubishi Electric

La bomba de calor es una máquina térmica capaz de transferir calor de una fuente fría a otra más caliente aportando una cantidad de trabajo externo mediante el accionamiento de un compresor. Consiste en un circuito cerrado compuesto principalmente por un compresor, un evaporador, un condensador y una válvula de expansión.

Las etapas del ciclo son las siguientes:

1. En el evaporador la temperatura del fluido refrigerante se mantiene por debajo de la temperatura del foco frío, de esta manera el fluido refrigerante absorbe el calor del foco frío y así se consigue la evaporación del refrigerante.
2. En el compresor, el vapor aspirado del evaporador se comprime elevando así su presión y temperatura.
3. El vapor caliente pasa al condensador donde cede el calor de condensación.
4. El líquido a alta presión que viene del condensador se expande mediante la válvula de expansión hasta que se alcanza la presión y temperatura del evaporador y se vuelve a comenzar el ciclo en el evaporador.

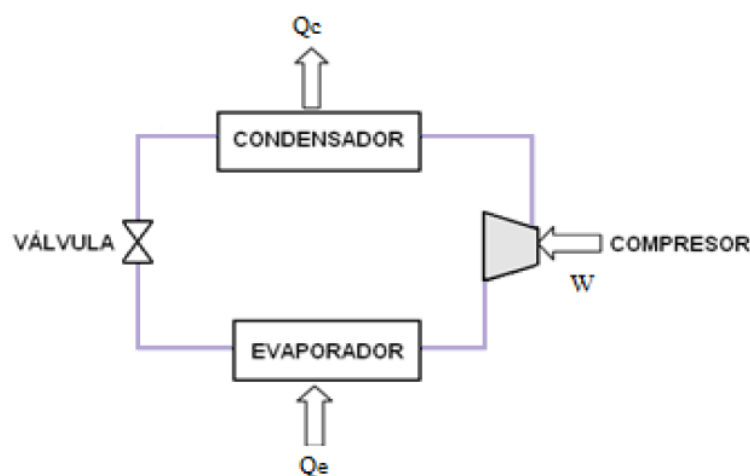


Ilustración 9: Esquema del ciclo de una bomba de calor de compresión simple

Fuente: Apuntes asignatura de Instalaciones frigoríficas y de climatización

El ciclo de refrigeración se realiza una transferencia de calor en sentido contrario al explicado, el calor va del foco caliente al foco frío de manera natural.

7.2 Unidades interiores del sistema de climatización

Se eligen unidades interiores para los habitáculos, teniendo en cuenta la necesidad de cada uno de ellos y teniendo en cuenta la compatibilidad con la unidad exterior, por eso se eligen los siguientes modelos del catálogo de Mitsubishi Electric:

Camarote	Transmisión térmica total en W	Tipo de unidad interior	Modelo
<i>Suite</i>	5606.62	Cassete	PLFY-P63 VBM-E
<i>Cabin</i>	3485.27	Cassete	PLFY-P40 VBM-E
<i>Cabin</i>	3485.27	Cassete	PLFY-P40 VBM-E
<i>Cabin</i>	3485.27	Cassete	PLFY-P40 VBM-E
<i>Cabin</i>	3485.27	Cassete	PLFY-P40 VBM-E
<i>Cabin</i>	3485.27	Cassete	PLFY-P40 VBM-E
<i>Cabin</i>	3485.27	Cassete	PLFY-P40 VBM-E
<i>Cabin</i>	3485.27	Cassete	PLFY-P40 VBM-E
<i>Cabin</i>	3485.27	Cassete	PLFY-P40 VBM-E
<i>Crew Cabin</i>	1985.40	Cassete	PLFY-P20 VBM-E
<i>Crew Cabin</i>	2194.40	Cassete	PLFY-P25 VBM-E
<i>Crew Cabin</i>	838.48	Pared	PKFY-P15 VBN-E
<i>Comedor</i>	15700.65	Conductos	PEFY-P200 VMH-E
<i>Cocina</i>	1147.33	Pared	PKFY-P20 VBM-E
<i>Puente</i>	3611.01	Cassete	PLFY-P40 VBM-E

Tabla 9: Unidades interiores escogidas según demanda de cada habitáculo

Fuente: Elaboración propia

Los equipos elegidos son de tipo cassette, pared y conductos, para adaptarse mejor a las potencias requeridas y dar un mayor confort.

Los equipos tipo cassette instalados son de 4 vías para mejorar las prestaciones en confort y adaptabilidad, así como una óptima distribución del aire.



Ilustración 10: Ejemplo de una unidad interior de tipo cassette de la marca Mitsubishi Electric

Fuente: Catalogo de modelos gama City Multi con recuperación (R2) de calor Mitsubishi Electric



Ilustración 11: Unidad interior de pared escogida para uno de los habitáculos

Fuente: Catalogo de modelos gama City Multi con recuperación (R2) de calor Mitsubishi Electric



Ilustración 12: Unidad interior de tipo conducto escogida para uno de los habitáculos

Fuente: Catalogo de modelos gama City Multi con recuperación (R2) de calor Mitsubishi Electric

Según el fabricante se puede conectar hasta un máximo de 64 unidades interiores para el modelo exterior elegido, por lo cual en este caso no se tiene ningún problema en este ámbito.

7.3 Ventajas y desventajas del sistema escogido

A continuación se mostrar una serie de características y ventajas de los sistemas CVR:

- Máxima zonificación. Cada usuario o espacio dispone de su control.
- Fácil diseño.
- Bajos niveles sonoros.
- Eficiencia energética y ahorro de energía. Elevados rendimientos y tecnología inverter (compresor + válvulas electrónicas = ajuste de la capacidad a la demanda).
- Reducido espacio de instalación de las unidades exteriores compactas.
- Elevada flexibilidad en cuanto a trazados, longitudes del sistema, número de unidades interiores por sistema.
- Menores espacios de paso de tuberías.
- Reducidos costes de operación.
- Múltiples tipos de unidades interiores.
- Funcionamiento en modo calor a bajas temperaturas exteriores ($t_e = -15^{\circ}\text{C}$).
- Versátiles sistemas de control.

Y estas son las principales desventajas que presentan los sistemas CVR:

- Elevado coste inicial.
- Distribución de refrigerante por medio de una red de tuberías de cobre susceptible de fugas.
- En sí mismos no permiten el control de humedad.
- Cuidado en el diseño de la recuperación del aceite, que al diluirse con el gas caliente es transportado a través del circuito frigorífico, debiendo buscarse soluciones para asegurar su retorno a los compresores.

Conclusiones

Una vez dimensionado el sistema de climatización del buque concluye el trabajo, en el cual he podido ver como funcionan los sistemas de climatización con bomba de calor, también saber como funciona un sistema Inverter con recuperación de calor y todos los factores a tener en cuenta para la climatización de un habitáculo.

Este trabajo me ha ayudado a comprender mucho mejor los sistemas de climatización, entender el funcionamiento de cada uno de sus componentes también ver las evoluciones que se están llevando a cabo, respecto a los sistemas convencionales, sobretodo en el campo del ahorro de la energía y en el del confort.

Aprender todos los cálculos necesarios y factores a tener en cuenta en la transmisión de energía térmica de cada habitáculo para así poder escoger que sistema se adecua mejor a las necesidades que el lugar demanda.

Referencias bibliográficas

- www.blogspot.com, (2015). [online] Disponible en:
<http://mapashita80.blogspot.com.es/2010/12/sistemas-de-climatizacion.htm> [Acceso 14 Nov. 2015].
- www.ceoe.es, (2015). [online] Disponible en:
http://www.ceoe.es/resources/image/jornada_eficiencia_energetica_edificacion_2013_04_25_presentacion_06.pdf [Acceso 15 Nov. 2015].
- www.idae.es, (2015). [online] Disponible en:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_17_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_con_equipos_autonomos_f9d4199a.pdf [Acceso 9 Jul. 2015].
- [Carrier.es](http://www.carrier.es), (2015). *Carrier España*. [online] Disponible en: <http://www.carrier.es/> [Acceso 12 Nov. 2015].
- [Carriercca.com](http://www.carriercca.com), (2015). *Carrier® - Acondicionadores de aire: Aire acondicionado Carrier Comercial y Residencial / Carriercca.com*. [online] Disponible en: <http://www.carriercca.com/> [Acceso 12 Nov. 2015].
- CASTRO RUBIO, I. (2015). *CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL*. 1st ed. [ebook] Madrid: IGNACIO CASTRO RUBIO Disponible en:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_17_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_con_equipos_autonomos_f9d4199a.pdf [Acceso 10 Oct. 2015].

- Es.wikipedia.org, (2015). *Climatización*. [online] Disponible en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Climatizaci%C3%B3n> [Acceso 10 Jul. 2015].
- Es.wikipedia.org, (2015). *Climatizador*. [online] Disponible en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Climatizador> [Acceso 10 Jul. 2015].
- Es.wikipedia.org, (2015). *Ventiloconvector*. [online] Disponible en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Ventiloconvector> [Acceso 10 Jul. 2015].
- Mitsubishielectric.es, (2015). *Aire acondicionado Mitsubishi España*. [online] Disponible en:
<http://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado/producto/gama-vrf-city-multi/recuperacion-de-calor--r2-/r2--high-cop#> [Acceso 1 Nov. 2015].
- Mitsubishielectric.es, (2015). *Aire acondicionado Mitsubishi España*. [online] Disponible en:
<http://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado/> [Acceso 20 Oct. 2015].
- Muñoz, E. and & rarr;, V. (2014). *Aislamiento térmico: qué es y su importancia en las fachadas de vidrio*. [online] Cristal y Vidrio. Disponible en: <http://www.cristalyvidrio.com/aislamiento-termico> [Acceso 5 Oct. 2015].
- Nergiza, (2015). *¿Qué es un sistema de climatización VRF?*. [online] Disponible en:
<http://nergiza.com/que-es-un-sistema-de-climatizacion-vrf> [Acceso 15 Nov. 2015].
- Ordoñez, A. (2015). *Tipos de vidrio orientados al ahorro energético*. [online] Sol-arq.com. Disponible en: <http://www.sol-arq.com/index.php/acristalamiento/tipos-vidrio> [Acceso 4 Oct. 2015].
- Ovacen.com, (2013). *Analizamos la bomba de calor inverter Sistema VRV*. [online] Disponible en: <http://ovacen.com/bomba-de-calor-inverter/> [Acceso 15 Nov. 2015].

-
- Queenofgalapagos.com, (2015). *Queen of Galapagos Yacht - Galapagos Islands cruises and tours - Yacht First Class for the Cruises in the Galapagos Islands*. [online] Disponible en: <http://www.queenofgalapagos.com> [Acceso d 9 Jul. 2015].
 - Sunguardglass.es, (2015). *Cristal y vidrio. Climalit y Aislaglas. Precio del vidrio..* [online] Disponible en: <http://www.sunguardglass.es/SpecificationsResources/FAQs> [Acceso 4 Oct. 2015].

